

Syöpäriski säteilyhaittana: riskilaskentaohjelmisto

Teemu Siiskonen

Syöpäriski säteilyhaittana: riskilaskentaohjelmisto

Teemu Siiskonen

ISBN 978-952-478-325-5 (pdf)
ISSN 1796-7171

SIISKONEN Teemu. Syöpäriski säteilyhaittana: riskilaskentaohjelmisto. STUK-TR 6. Helsinki 2008. 14 s. + liitteet 7 s.

Avainsanat: ionisoiva säteily, syöpäriski, riskimalli

Tiivistelmä

Ionisoivan säteilyn aiheuttaman syöpäriskin arviointiin on kehitetty erilaisia laskennallisia malleja. Eräs näistä malleista on BEIR (Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations) VII -komitean kehittämä. Tässä raportissa esitellään Säteilyturvakeskuksen (STUK) Dosimetrialaboratoriossa kehitetty ohjelmisto, jolla voidaan laskea riskiarvioita BEIR VII -komitean malleihin pohjautuen. Raportissa on esitelty käytetyt riskimallit, riskisuureiden laskenta ja ohjelmiston käyttö. Lisäksi on annettu havainnollistavia esimerkkejä.

SIISKONEN Teemu. Ionising radiation and cancer risk: software for risk estimation. STUK-TR 6. Helsinki 2008. 14 pp. + apps. 7 pp.

Key words: ionising radiation, cancer risk, risk model

Abstract

Many authors, e.g. the BEIR (Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations) VII committee, have developed models for the risk of cancer resulting from an exposure to ionising radiation. This report describes a software, based on the BEIR VII risk models, which is used for the risk estimation. The risk models, calculation methods and the usage of the software are presented. Finally, illustrative examples are given. The software is developed in Radiation Dosimetry Laboratory of Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK).

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 RISKIMALLIT JA RISKIN LASKENTA	8
2.1 BEIR VII riskimallit	8
2.2 Elinikäisriskin arviointi	8
3 OHJELMAN KÄYTTÖ	11
3.1 Selaimella käytettävä versio	11
3.2 Komentoriviversio	11
3.3 Käyttö PCXMC-ohjelmiston kanssa	11
4 ESIMERKKEJÄ	12
4.1 Kokokehosäteilytys	12
4.2 Usean elimen säteilytys	12
4.3 Leukemiariski	13
KIRJALLISUUSVIITTEET	14
LIITE 1 KOMENTORIVIVERSION SYÖTETIEDOSTO	15
LIITE 2 TULOSTE	17
LIITE 3 REID JOILLEKIN KIINTEILLE SYÖVILLE ALTISTUSIÄN FUNKTIONA	18
LIITE 4 SYÖPÄKUOLLEISUUSTILASTOT: NAISET	20
LIITE 5 SYÖPÄKUOLLEISUUSTILASTOT: MIEHET	21

1 Johdanto

Tässä raportissa esitellään Säteilyturvakeskuksen (STUK) Dosimetrialaboratoriossa kehitetty ohjelmisto, jolla voidaan arvioida ionisoivasta säteilystä aiheutuva syöpäriski. Laskenta kullekin syöpätyypille pohjautuu BEIR (Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations) VII -komitean ke-

hittämään riskimalliin. Tässä dokumentissa on kuvattu BEIR VII -riskimallit, riskisuureiden laskenta ja ohjelman käyttö.

Tämä dokumentti kuvaa ohjelmiston version 1.0.

2 Riskimallit ja riskin laskenta

2.1 BEIR VII riskimallit

BEIR VII (BEIR, 2006) -komitean raportti esittelee mallit, joiden avulla voidaan arvioida ionisoivasta säteilystä aiheutuva elinaikainen syöpäriski. Komitea on kehittänyt riskimallit sekä syövän ilmaantuvuuden että syöpäkuolleisuuden arviointiin. Mallit ottavat huomioon mm. syöpätyypin, sukupuolen, altistusiän, saavutetun iän ja annosnopeuden. Riskiarviot on annettu leukemialle, useille eri elinten syöville sekä kaikille kiinteille syöville yhteensä. Komitea antaa niistä kullekin sekä absoluuttisen että suhteellisen riskin mallit. Koska komitea painottaa omissa riskitarkasteluissaan suhteellisen riskin mallia, on sitä käytetty myös tässä raportissa kuvatussa ohjelmistossa syöpäkuolemariskin arviointiin. Suhteellisen riskin malleissa taustariski kerrotaan säteilyaltistuksesta aiheutuvalla iästä riippuvalla lisäriskillä.

Riskiarvioissa on useita epävarmuuden lähteitä, jotka liittyvät sekä epidemiologisen tiedon rajoitteisiin että vajavaiseen ymmärrykseen syövän syntymekanismeista. BEIR VII -komitea kehottaakin suhtautumaan riskiarvioihin terveellä epäluulolla – komitea arvioi, että kuolemaan johtavien kiinteiden syöpien riski voidaan arvioida noin tekijän 2 tarkkuudella (95 % luottamusvälillä). Leukemialle vastaava luku on noin 4. Yksittäisten elinten riskilaskenta on hyvin epävarmaa, monissa tapauksissa syöpäriski voidaan arvioida ainoastaan noin tekijän 10 tarkkuudella tai huonommin.

BEIR VII -raportin kiinteiden syöpien suhteellisen lisäriskin ERR (excess relative risk) mallit pohjautuvat muotoa

$$\text{ERR}(a, e, D) = \beta_S D \exp(\gamma e^*) (a / 60)^\eta$$

olevaan lausekkeeseen, missä (BEIR VII:n merkin-
töjä noudattaen) $e^* = (e - 30)/10$, mikäli $e < 30$ ja
nolla, mikäli $e \geq 30$. Tässä e on altistusikä ja a on
saavutettu ikä, molempien yksikkönä vuosi. D on
elimen tai kudoksen ekvivalenttiansa. β_S , γ ja η

ovat sovitussparametreja (BEIR 2006). Rintasyövälle
 $\gamma = 0$ ts. naisten rintasyöpäkuoleman lisäriski riip-
puu ainoastaan saavutetusta iästä (miehille ei ole
rintasyövän riskimallia). Leukemian riskimalli on
hieman monimutkaisempi,

$$\text{ERR}(a, e, D) = \beta_S D (1 + \theta D) \exp[\gamma e^* + \delta \log(t / 25) + \phi e^* \log(t / 25)],$$

missä $t = a - e$ on altistuksesta kulunut aika ja D
on luuytimen ekvivalenttiansa. θ , δ ja ϕ ovat sovi-
tussparametreja. Mikäli jatkossa halutaan käyttää
tietyn kuolemansyyn lisäriskiä, käytetään alain-
deksiä c , ts. merkitään $\text{ERR}_c(a, e, D)$.

Huom. BEIR VII -raportti ei määrittele selkeästi
annosta D . Taulukoiden ja kaavojen selityksissä
sanotaan epämääräisesti ” D is dose in sieverts”.
Riskimallien kohdalla taas puhutaan välillä riskis-
tä per Gy, välillä per Sv. Tässä työssä on oletettu,
että kaikki annokset ovat ekvivalenttiansia, eli
riskisuureet ovat per Sv.

Syöpien latenssiajaksi komitea olettaa 5 vuotta
paitsi leukemian kohdalla, jolle se on 2 vuotta.
Selainpohjainen riskiohjelmisto käyttää näitä ar-
voja laskennassaan. Ohjelmiston komentoriviver-
siossa käyttäjä voi antaa haluamansa latenssiajan
(ks. liite 1).

2.2 Elinikäisriskin arviointi

Laskettuja suhteellisia lisäriskejä (ERR) ei voida
sellaisenaan käyttää yksilön tai väestön elinikäis-
syöpäriskin arviointiin: lisäksi tarvitaan tietoa mm.
väestön kuolleisuudesta sekä syöpäkuolleisuudes-
ta iän funktiona, jotta lisäriskit voidaan muuttaa
absoluuttisiksi elinikäisriskeiksi. Tarkoitukseen on
kehitetty useita suureita, joista kuvattu ohjelmisto
käyttää kolmea, ELR (excess lifetime risk), REID
(risk of exposure-induced death) ja LLE (loss of life

expectancy). Niiden määritelmät ovat (Thomas ym. 1992)

$$\text{ELR}_c(e, D) = \int_{\tau}^{\infty} \mu_c(a | e, D) S(a | e, D) da$$

$$- \int_{\tau}^{\infty} \mu_c(a) S(a | e) da ,$$

$$\text{REID}_c(e, D) = \int_{\tau}^{\infty} [\mu_c(a | e, D) - \mu_c(a)] S(a | e, D) da$$

ja

$$\text{LLE}(e, D) = \int_{\tau}^{\infty} S(a | e) da - \int_{\tau}^{\infty} S(a | e, D) da.$$

Tässä $\mu_c(a | e, D)$ on kuolleisuus iässä a syyhyn c ehdolla, että henkilö saanut annoksen D iässä e . Suhteellisen lisäriskin tapauksessa

$$\mu_c(a | e, D) = \text{ERR}_c(a, e, D) \mu_c(a),$$

missä $\mu_c(a)$ on syyhyn c liittyvä taustakuolleisuus. $S(a | e, D)$ on ehdollinen todennäköisyys, että henkilö on elossa iässä a olettaen, että hän on saanut annoksen D iässä e . Altistumattoman henkilön ehdollinen elossaolotodennäköisyys iässä a on $S(a | e)$ oletuksella, että henkilö on elossa iässä e . Elosaolotodennäköisyys lasketaan yhdistämällä kuolleisuustilastot ja riskimallien antamat syöpäkuolleisuudet. Ohjelma siis ottaa huomioon säteilyperäisestä syystä c aiheutuvan elossaolotodennäköisyyden S pienenemisen – tällöin syykohtaisia REID (tai ELR) -arvoja voidaan laskea yhteen. Saatu summa kuvaa altistuksesta aiheutunutta kokonaisriskiä. Integroinnin alaraja $\tau = e + \lambda$, missä λ on latenssiaika vuosina. Latenssiaika saattaa vaihdella syöpätyypistä riippuen. Integroinnin yläraja on käytännössä 120 vuotta.

ELR tarkastelee siis kahta koostumukseltaan identtistä henkilöryhmää, joista toinen altistetaan säteilylle. Molempia ryhmiä seurataan, kunnes kaikki henkilöt ovat kuolleet. ELR (kuolinsyyllä c) on syystä c johtuvien kuolemien lukumäärien erotus näiden kahden ryhmän välillä. ELR:n määrittelytavasta johtuen sen yläraja ei ole 1 vaan $1 - Q_c(e)$, missä $Q_c(e)$ on elinikäisriski kuolla syyhyn c ehdolla, että tarkasteltava henkilö on elossa altistusiässä e (Vaeth and Pierce 1990). ELR saattaa olla negatiivinen joissakin erikoistapauksissa. ELR:n suosio perustuu sen (periaatteelliseen) mitattavuuteen. REID puolestaan kertoo odotet-

tavissa olevien syöpäkuolemien määrän altistuneessa seurantaryhmässä. Tämä tulkinta seuraa, kun todetaan, että $\mu_c(a | e, D) - \mu_c(a)$ on altistuksesta aiheutuva ylimääräinen kuolleisuus syyhyn c . REIDin yläraja on 1.

Altistuksen vaikutusta yksilöön voidaan kuvata myös laskemalla odotettavissa oleva elinvuosien menetys. Tähän tarkoitukseen on käytetty suureita LLE ja LLE/REID. LLE on odotettavissa olevan eliniän ero altistamattoman ja altistuneen yksilön välillä. LLE/REID puolestaan kuvaa menetettyjä elinvuosia per altistuksesta aiheutunut syöpäkuolema. Lisää tietoa suureiden määrittelmistä ja taustoista löytyy mm. julkaisusta Thomas ym. (1992).

BEIR VII -komissio arvioi, että pienten annosten ja annosnopeuksien aiheuttama syöpäriski on pienempi kuin mitä suurista annoksista ja annosnopeuksista ekstrapoloitu lineaarinen malli ennustaa. Tästä syystä komitea on päättänyt käyttämään DDREF -arvoa 1,5 kiinteille syöville (DDREF: dose and dose-rate reduction factor), leukemialle DDREF = 1. Esitelty ohjelmisto huomioi DDREF-arvot laskennassaan. Koska DDREF-arvo huomioidaan automaattisesti ohjelmiston selainpohjaisessa versiossa, täytyy riskiarvioiden tulokinnassa olla huolellinen silloin, kun ekvivalenttiannokset ovat suuria (useita kymmeniä tai satoja millisievertejä). Näissä tapauksissa voi olla perusteltua käyttää arvoa DDREF = 1, eli riskiarviot (muille kuin leukemialle) kerrotaan tekijällä 1,5. On myös muistettava, että riskimallit kuvaavat säteilyn satunnaisia haittavaikutuksia – mikäli annokset ovat niin suuria, että deterministiset haitat ovat mahdollisia, on riskiarviot tulkittava tapauskohtaisesti.

Kuten yllä olevista kaavoista ilmenee, laskentaohjelmisto tarvitsee syötetiedoikseen sukupuolikohtaiset ikävakioidut kuolleisuudet sekä ikävakioidut syöpäkuolleisuudet syyn mukaan jaoteltuina. Ohjelman selainversio käyttää (versio 16.10.2007) Tilastokeskuksen vuoden 2000 kuolleisuustietoja ja Syöpärekisterin vuosien 2001–2005 syöpäkuolleisuuksien keskiarvoja (ks. liite 4). Kuolleisuudet on annettu 5 vuoden ikäjaksoissa (lukuun ottamatta ensimmäistä ikävuotta ja ikäjaksoa 1–4 vuotta); laskennassa kuolleisuuksien oletetaan pysyvän vakiona kunkin ikäjakson sisällä. REID, ELR ja LLE lasketaan käyttäen suoravi-

vaisesti yllä annettuja määritelmiä. Ohjelma lukee tiedostosta myös väkilukutiedot (Tilastokeskus, vuoden 2006 keskiväkiluku) mahdollista väestökeskiarvon laskentaa varten. Laskennassa väkiluvun oletetaan olevan vakio kunkin ikäintervallin sisällä lukuun ottamatta ylintä intervallia, jossa väkiluku interpoloidaan lineaarisesti nollaan suurimman käsiteltävän iän kohdalla (120 vuotta).

Huom. BEIR VII -komitea käyttää riskilaskennassaan REIDin yksinkertaistettua versiota, jota he kutsuvat nimellä LAR (lifetime attributable risk). LAR korvaa REIDin määritelmässä $S(a|e, D)$:n $S(a|e)$:llä. LAR lähestyy REIDiä kun annos D lähestyy nollaa. Tällainen yksinkertaistaminen on kuitenkin turhaa, sillä suureen REID laskeminen on suoraviivaista.

3 Ohjelman käyttö

Satunnaisen käyttäjän oletetaan ensisijaisesti käytävän ohjelman selainversiota, tästä syystä esimerkeissä keskitytään siihen. Riskilaskentaohjelmisto on ohjelmoitu Fortran 95 -kielellä.

3.1 Selaimella käytettävä versio

Selainversiossa käyttäjä valitsee käytettävän kuolleisuusdatan, altistusiän ja sukupuolen. Elinten ekvivalenttiansiokset syötetään niille varattuihin tekstikenttiin (desimaalit pisteellä erotettuina). Mikäli kenttään "Whole body" syötetään nollasta poikkeava ekvivalenttiansioksi, laskennassa nollataan muiden kenttien arvot, ts. ohjelma laskee ainoastaan kokokehosäteilytyksestä aiheutuvan kiinteiden syöpien riskin. Leukemiariski on siis laskettava erikseen. Haluttaessa ohjelma laskee vuosikohtaisen REID-arvon kullekin latenssiajan jälkeiselle vuodelle ja esittää tuloksen histogrammina.^{*)} Luvussa 4 on annettu yksityiskohtaisia esimerkkejä selainkäyttöliittymän käytöstä.

Kuolleisuustiedot sekä riskisuureet on kuvattu luvussa 2. Ohjelman etusivulta löytyy myös linkki, jossa on lyhyesti kuvattu syöttötiedot, lasketut suureet ja niiden tulkinta. Toimiakseen selainversio vaatii, että palvelimelta löytyy Perl-tulkki. Histogrammin esittämiseen palvelimella tarvitaan myös Gnuplot-ohjelmisto (www.gnuplot.info). Nämä molemmat ovat yleensä mukana Linux-käyttöjärjestelmän asennuksissa.

3.2 Komentoriviversio

Komentoriviversiossa ohjelman syöttötiedot kirjoitetaan tekstitiedostoon. Esimerkki syöttötiedostosta selityksineen on liitteessä 1. Syöttötiedosto ohjataan riskiohjelmalle (*riskit.exe*) käyttäen uudelleenohjauskomentoa '*<*' seuraavasti: *riskit < syötetiedosto.txt*. Oletuksena ohjelma tulostaa suoraan näytölle. Halutessaan käyttäjä saa tulokset tiedostoon seuraavasti: *riskit < syötetiedosto.txt > tulostiedosto.txt*. Esimerkki ohjelman tulosteesta löytyy liitteestä 2.

3.3 Käyttö PCXMC-ohjelmiston kanssa

PCXMC-ohjelmiston (Tapiovaara ym. 1997) laskemia elinannoksia voidaan käyttää riskilaskennan pohjana. Tätä tarkoitusta varten on olemassa erillinen komentorivipohjainen apuohjelma (*pcxmc2risk*), joka lukee sisäänsä PCXMC:n tulostiedoston sekä pohjana olevan riskilaskennan syötetiedoston. Apuohjelma tulostaa riskiohjelmiston syötetiedoston, jossa pohjana olevassa syötetiedostossa elinannokset on korvattu PCXMC:n laskemilla elinannoksilla. Ohjelma olettaa, että pohjana oleva syötetiedosto on nimeltään *input.dat*; tulostiedosto on nimeltään *inputGENERATED.dat*. Mikäli tulostiedosto on olemassa, sen yli kirjoitetaan.

Olettaen, että PCXMC:n tulostiedosto on nimeltään *pcxmc.dat*, ohjelmaa käytetään seuraavasti: *pcxmc2risk < pcxmc.dat*. Tämän jälkeen riskiohjelma voidaan ajaa kohdan 3.1 ohjeiden mukaisesti niin, että syötetiedostona on *inputGENERATED.dat*.

^{*)} Joissain selaimissa kuva ei päivity automaattisesti kun 'Calculate risk' -nappia painetaan. Tällöin käyttäjän täytyy painaa selaimen 'Refresh'-nappia (tai estää selaimen väliuistimen käyttö).

4 Esimerkkejä

Esimerkeissä käsitellään selainpohjaista versiota. Komentorivipohjaisen version esimerkki löytyy liitteistä 1 ja 2.

4.1 Kokokehosäteilytys

Tarkastellaan 20-vuotiaan suomalaisen naisen riskiä kuolla säteilyperäiseen syöpään, mikäli hän saa em. iässä 20 mSv ekvivalenttiannoksen tasaisesti koko kehoon (tilanne voi vastata esimerkiksi koko kehon tietokonetomografiakuvausta).

- Valitaan "Basic mortality data" -pudotusvalikosta optio "Finnish".
- Kenttään "Age at exposure" syötetään altistusiä 20 (tai 20.0).
- Valitaan sukupuoli ("Sex") "Female".
- Ekvivalenttiannokseksi syötetään kenttään "Whole body" arvo 20 (tai 20.0).

Tietojen syötön jälkeen painetaan nappia "Calculate risk".

Ohjelma tulostaa seuraavaa:

Only the whole-body dose is accounted for!
BEIR VII risk estimates: Sex: Female, age at exposure: 20

Site	REID (%)	ELR (%)	Dose (mSv)
Whole body	1.61E-01	1.43E-01	20
Summed REID	1.61E-01 %		
LLE	2.31E-02 y		
LLE/REID	1.43E+01 y		

Tulosteesta nähdään, että ohjelma on huomionnut ainoastaan "Whole body" -kenttään syötetyn ekvivalenttiannoksen (tässä tapauksessa muut kentät olivat muutenkin nollia). Toisella rivillä kerrataan lähtötietoja. Riskiarviot (REID ja ELR) annetaan kullekin altistuneelle elimelle tai kudok-

selle yhdessä niiden ekvivalenttiannosten kanssa. Kudskohtaisen (tässä Whole body) erittelyn jälkeen ohjelma tulostaa yhteenlasketun REID-arvon, joka kuvaa altistuksesta aiheutunutta kokonaisriskiä, tässä tapauksessa 0,16 %. Odotettavissa oleva keskimääräinen eliniän lyhennys on 0,023 vuotta, kuitenkin niin, että kutakin syöpäkuolemaa kohden menetetään keskimäärin 14,3 vuotta elinaikaa. Jos sukupuoli vaihdetaan mieheksi ja muut lähtötiedot pidetään samoina, pienenee REID arvoon 0,094 % ja keskimääräinen eliniän lyhennys on 0,011 vuotta (11,6 vuotta per syöpäkuolema). Näissä REID-arvoissa ei ole mukana leukemian osuutta.

Lisäesimerkki: mikäli 20-vuotias miespuolinen henkilö saa 1 Sv kokokehoannoksen, on hänen riskinsä (REID) kuolla säteilyperäiseen kiinteään syöpään 4,5 %. Vastaava luku naiselle on 7,7 %. (Huom. Näissä riskiarvioissa on mukana DDREF = 1,5, ks. luku 2). Elinajan menetykset per syöpäkuolema ovat, vastaavasti, 11,8 ja 14,6 vuotta. Liitteessä 3 on esitetty REID valituille kiinteille syöville altistusiän funktiona.

4.2 Usean elimen säteilytys

Tarkastellaan kuvitteellista mammografiakuvausta, jossa rinnat saavat 10 mSv ja keuhkot 1 mSv ekvivalenttiannoksen. Altistuneena on 50-vuotias suomalainen nainen.

- Valitaan "Basic mortality data" -pudotusvalikosta optio "Finnish".
- Kenttään "Age at exposure" syötetään altistusiä 50 (tai 50.0).
- Valitaan sukupuoli ("Sex") "Female".
- Ekvivalenttiannoksiksi syötetään kenttään "Breasts" arvo 10 (tai 10.0) ja "Lungs" arvo 1 (tai 1.0).

Tietojen syötön jälkeen painetaan nappia "Calculate risk".

Ohjelma tulostaa seuraavaa:

BEIR VII risk estimates: Sex: Female, age at exposure: 50

Site	REID (%)	ELR (%)	Dose (mSv)
Lungs	1.21E-03	1.14E-03	1
Breasts	5.48E-03	5.38E-03	10

Summed REID 6.69E-03 %

LLE 9.68E-04 y

LLE/REID 1.45E+01 y

Ohjelma tulostaa erikseen altistusperäisen riskiarvion keuhkosyöpä- ja rintasyöpäkuolemalle.

Tuloksista huomataan, että keuhko- ja rintasyöpäriskit eroavat vain tekijällä 4,5 vaikka elinannoksissa on tekijän 10 ero – tämä ero selittyy elinten erilaisilla syöpäherkkyyksillä (vrt. ICRP:n kudosten painokertoimet). Yhteenlaskettu REID-arvo (0,007 %) on summa keukojen ja rintojen REID-arvoista.

4.3 Leukemiariski

Tarkastellaan 10-vuotiaan pojan leukemiakuoleman riskiä olettaen 10 mSv luuytimen ekvivalenttiannos. Tuloksena saadaan REID = 0,0074 % ja LLE/REID = 28,1 vuotta. Mikäli altistusikä on 40 vuotta, on REID noin 0,0058 %. Elinajan menetys per syöpäkuolema on tällöin noin 11,5 vuotta.

Kirjallisuusviitteet

BEIR. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII – Phase 2. Washington D.C.: the National Academies Press; 2006.

Tapiovaara M, Lakkisto M, Servomaa A. PCXMC – A PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. STUK-A139. Helsinki: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety; 1997.

Thomas D, Darby S, Fagnani F, Hubert P, Vaeth M, Weiss K. Definition and estimation of lifetime detriment from radiation exposures: Principles and methods. *Health Physics* 1992; 63(3): 259–272.

Vaeth M, Pierce DA. Calculating Excess Lifetime Risk in Relative Risk Models. *Environmental Health Perspectives* 1990; 87: 83–94.

LIITE 1

KOMENTORIVIVERSION SYÖTETIEDOSTO

Tässä esimerkissä on käytetty hakemistosta mortality2007 löytyviä, luvussa 2 mainittuja, syöpäkuolleisuustietoja. Väestötiedot ja kuolleisuustiedot löytyvät ajohakemistosta. Käyttäjä voi vapaasti lisätä omia datatiedostojaan, formaattina on

```
ikä1 ikä2      data
ikä3 ikä4      data
```

```
... ..
```

missä ikä_i ikä_{i+1} määrittelee ikäjaksot, joille data on annettu. Esimerkiksi

```
0 1 302.5
```

```
1 4 14.6
```

```
5 9 11.2
```

```
... ..
```

```
! Input data for the risk calculation. Comment lines start with '!'
! in the first column.
!
! First, give the number of datafiles (population, mortality and cancer
! mortalities). Here, 10 = 2 (mortality+population) + 8 (cancer mortalities)
!
number of datafiles: 10
!
! The next two files must always be population and mortality data
! (in that order).
!
populationWomen.txt
mortalityWomen.txt
!
! Site-specific cancer mortalities: data file, site code and dose (equivalent
! doses, in Sv).
! Include those sites you are interested in (or use zero doses for
! uninteresting sites) and for which data files are available.
! Site codes are wholebody (for all solid cancers), breast, lung, stomach,
! colon, liver, uterus, ovary, bladder, leukemia and other (for other sites not
! mentioned in this list).
!
mortality2007\mortalityWomenBreast2007.txt: breast: 0.01
mortality2007\mortalityWomenLung2007.txt: lung: 0.012
mortality2007\mortalityWomenColon2007.txt: colon: 0.003
mortality2007\mortalityWomenLiver2007.txt: liver: 0.008
mortality2007\mortalityWomenUterus2007.txt: uterus: 0.001
mortality2007\mortalityWomenOvary2007.txt: ovary: 0.001
mortality2007\mortalityWomenBladder2007.txt: bladder: 0.009
mortality2007\mortalityWomenOtherSolidCancers2007.txt: other: 0.015
!
! Other parameters:
!
! Latency period (years), BEIR recommends 5 years for solid cancers and 2 years
```

```
! for leukemia.
!
latency: 5.0
age at exposure: 30.0
!
! Dose and dose rate reduction factor (BEIR recommends 1.5). For leukemia DDREF
! is always 1 irrespectively of user input.
!
DDREF: 1.5
sex (1 woman, 0 man): 1
population averages: 0
!
! Print REID for each age after the latency period
!
age-specific risks: 0
!
! Output filename (not functional at the moment)
!
test.xml
```

LIITE 2

TULOSTE

Liitteen 1 syötettä vastaava tuloste. Kursiivilla kirjoitetut lihavoidut osat ovat kommentteja, jotka eivät kuulu ohjelman tulosteeseen.

Input data files and risks of death (%):

populationWomen.txt
mortalityWomen.txt

(Altistumattoman henkilön elinkohtainen syöpäkuoleman riski (%) sekä käytetyt datatiedostot)

breast	2.617	mortality2007\mortalityWomenBreast2007.txt
lung	1.729	mortality2007\mortalityWomenLung2007.txt
colon	1.168	mortality2007\mortalityWomenColon2007.txt
liver	0.304	mortality2007\mortalityWomenLiver2007.txt
uterus	0.518	mortality2007\mortalityWomenUterus2007.txt
ovary	0.916	mortality2007\mortalityWomenOvary2007.txt
bladder	0.274	mortality2007\mortalityWomenBladder2007.txt
other	7.903	mortality2007\mortalityWomenOtherSolidCancers2007.txt

Expectation of life = 80.86 y *(Odotettavissa oleva altistumattoman henkilön elinaika)*

Risk of death (%) = 100.074 *(Riski kuolla; tulee olla hyvin lähellä 100 %:a)*

----- Radiation risks ----- *(Yllä: altistumaton henkilö; Alla: altistunut)*

Age at exposure = 30.0 y
Sex = woman
DDREF = 1.5
Latency = 5.0 y

BEIR VII risk estimates:

REID (%) ELR (%) Dose (Sv) Site *(Riskiluvut ja ekvivalenttiannokset kullekin elimelle)*

7.59E-03	6.78E-03	10.000E-03	breast
1.57E-02	1.51E-02	12.000E-03	lung
7.52E-04	2.67E-04	3.000E-03	colon
3.95E-04	2.81E-04	8.000E-03	liver
1.46E-05	0.00E+00	1.000E-03	uterus
1.96E-04	0.00E+00	1.000E-03	ovary
1.89E-03	1.76E-03	9.000E-03	bladder
2.24E-02	1.93E-02	15.000E-03	other

Summed REID = 4.89E-02 % *(Elinten yhteenlaskettu REID; kokonaisriski)*

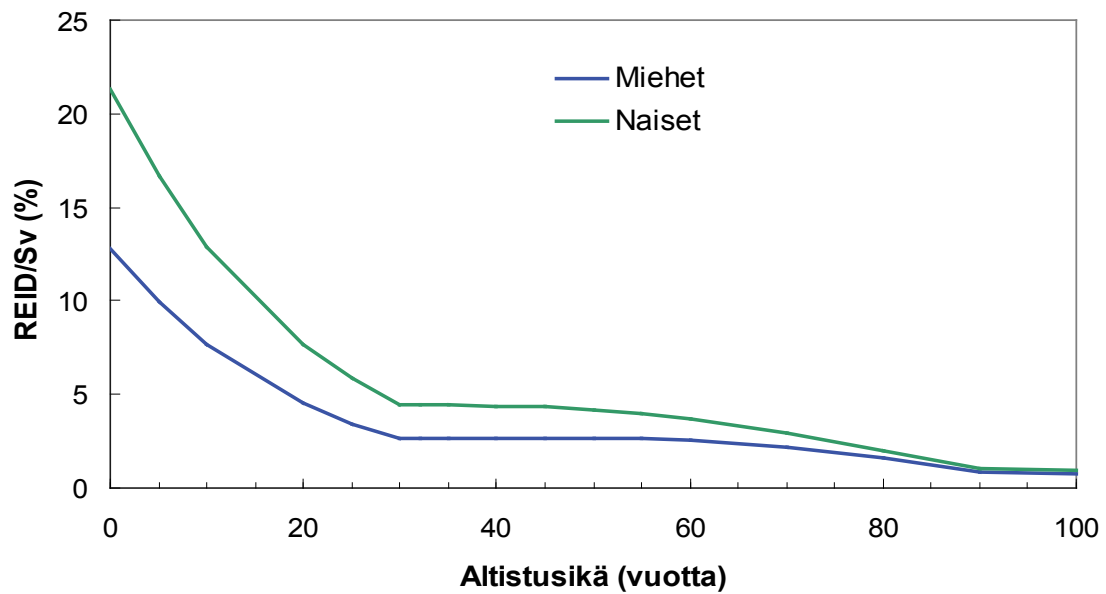
LLE = 8.28E-03 y *(Keskimääräinen elinajan menetys)*

LLE/REID = 1.69E+01 y *(Keskimääräinen elinajan menetys per syöpäkuolema)*

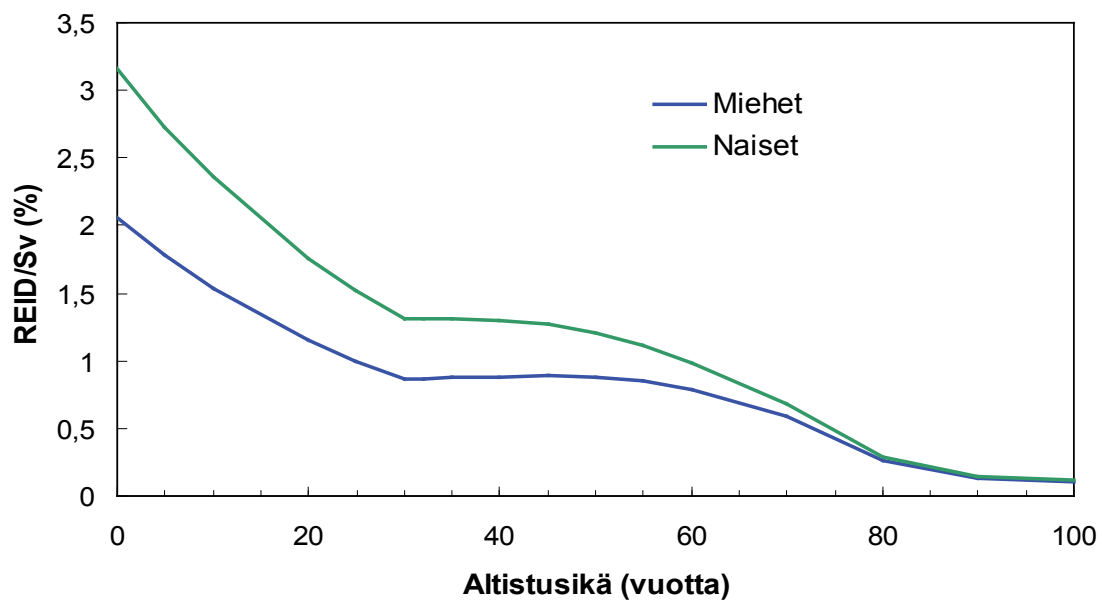
-- end

LIITE 3

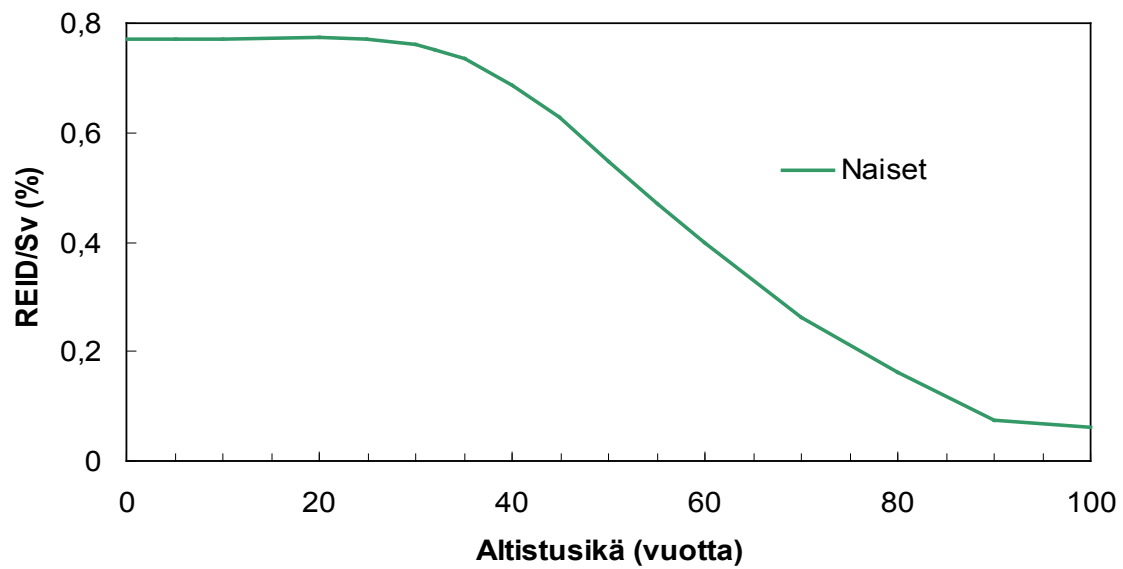
REID JOILLEKIN KIINTEILLE SYÖVILLE ALTISTUSIÄN FUNKTIONA



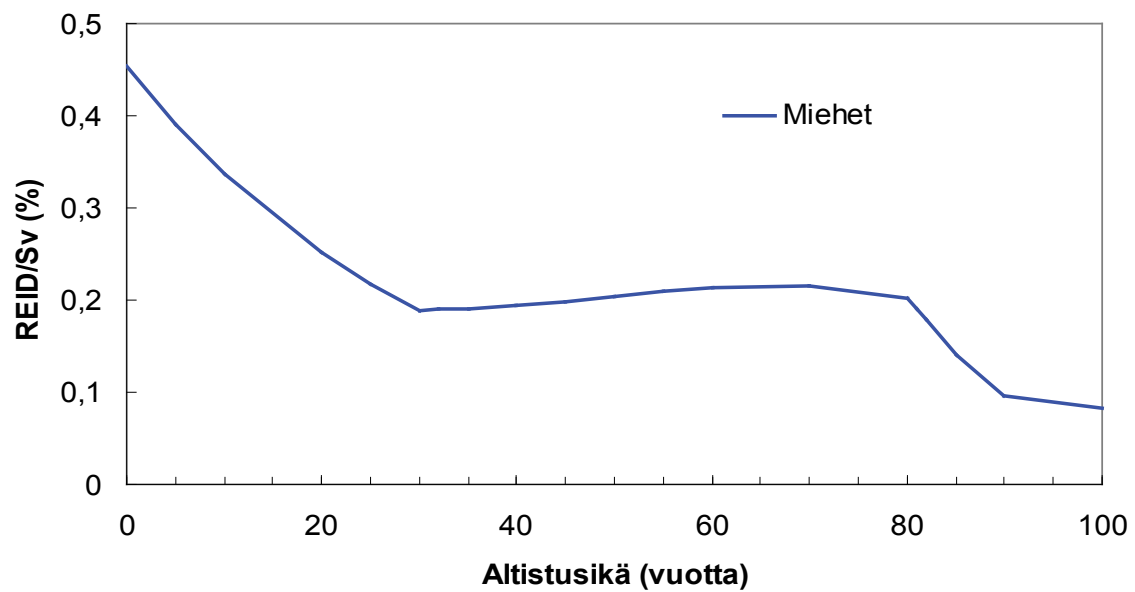
Kuva 1. REID per Sv altistusiän funktiona kaikille kiinteille syöville yhteensä. DDREF = 1,5.



Kuva 2. REID per Sv altistusiän funktiona keuhkosyöväille. DDREF = 1,5.



Kuva 3. REID per Sv altistusiän funktiona rintasyövälle. DDREF = 1,5.



Kuva 4. REID per Sv altistusiän funktiona eturauhassyövälle. DDREF = 1,5.

LIITE 4

SYÖPÄKUOLLEISUUSTILASTOT: NAISET

Taulukko 1. Naisten syöpäkuolleisuudet 100 000 henkilöä kohden kullekin syöpätyypille ja ikävälille. Tiedot on haettu Syöpärekisterin www-sivuilta, www.cancer.fi (keskiarvot vuosilta 2001–2005, päivitetty 20.3.2007).

Ikäväli	Kaikki syövät	Kaikki kiinteät syövät	Leukemia	Virtsarakko	Rinnat	Paksusuoli	Maksa	Keuhkot	Munasarjat	Maha	Kohtu
0–4	2,6	1,9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
5–9	2,8	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10–14	2,6	2,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
15–19	2,4	1,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0
20–24	5,2	3,6	1,6	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0
25–29	5,2	4,4	0,8	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
30–34	9,3	8,8	0,5	0,0	2,1	0,3	0,3	0,0	0,5	0,3	0,0
35–39	20,7	20,1	0,6	0,2	6,9	0,4	0,4	1,0	1,2	0,8	0,1
40–44	39,5	38,0	1,5	0,2	14,7	2,3	0,4	2,6	1,8	1,9	0,3
45–49	75,0	73,3	1,7	0,2	24,7	4,2	1,4	6,8	6,2	4,9	0,8
50–54	125,7	123,4	2,3	0,2	39,8	5,7	1,3	14,4	9,1	5,6	2,2
55–59	186,1	182,7	3,4	0,9	46,5	9,1	2,1	23,3	15,2	6,3	5,3
60–64	273,5	265,8	7,7	2,2	53,0	14,2	4,6	37,0	22,7	11,2	8,0
65–69	392,0	381,4	10,6	3,8	62,9	23,8	7,0	47,0	30,0	17,0	17,5
70–74	568,1	552,2	15,9	7,6	86,0	33,9	10,5	65,6	32,6	30,5	20,1
75–79	770,9	745,1	25,8	10,6	93,9	46,5	14,7	93,9	38,8	40,5	25,2
80–84	1 086,0	1 050,2	35,8	23,8	123,7	87,1	24,5	109,4	46,5	66,9	34,5
85–	1 435,0	1 388,3	46,7	42,6	171,8	141,6	23,8	90,5	47,6	87,7	39,4

LIITE 5

SYÖPÄKUOLLEISUUSTILASTOT: MIEHET

Taulukko II Miesten syöpäkuolleisuudet 100 000 henkilöä kohden kullekin syöpätyypille ja ikäväliille. Tiedot on haettu Syöpärekisterin www-sivuilta, www.cancer.fi (keskiarvot vuosilta 2001–2005, päivitetty 20.3.2007).

Ikäväli	Kaikki syövät	Kaikki kiinteät syövät	Leukemia	Virtsarakko	Paksusuoli	Maksa	Keuhkot	Eturauhanen	Maha
0–4	3,4	2,3	1,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
5–9	3,4	2,1	1,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
10–14	3,3	2,1	1,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
15–19	3,9	2,8	1,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
20–24	4,3	3,1	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
25–29	8,2	7,2	1,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,7
30–34	8,4	7,8	0,6	0,1	0,5	0,2	0,0	0,0	0,5
35–39	15,3	14,5	0,8	0,0	1,1	0,2	0,6	0,1	1,9
40–44	29,8	28,9	0,9	0,4	1,4	0,6	4,3	0,1	3,0
45–49	58,5	56,6	1,9	0,5	3,4	0,7	10,7	0,8	4,7
50–54	132,3	129,1	3,2	2,3	6,8	2,6	29,3	4,6	8,6
55–59	235,5	230,8	4,7	4,7	13,3	6,0	65,9	11,5	14,4
60–64	410,0	399,7	10,3	7,8	20,1	12,5	117,5	32,5	21,3
65–69	634,4	617,0	17,4	17,2	27,1	21,8	186,5	68,4	33,8
70–74	1 041,0	1 014,0	27,0	30,5	57,7	28,7	309,5	143,2	52,4
75–79	1 531,0	1 482,3	48,7	51,8	78,4	36,6	445,3	257,9	80,2
80–84	2 040,0	1 980,6	59,4	79,3	103,0	43,0	465,9	467,1	121,7
85–	2 813,0	2 727,0	86,0	171,9	173,9	47,0	417,8	845,6	140,9